



DEUTSCHES
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 38 13 157.9
②② Anmeldetag: 20. 4. 88
②③ Offenlegungstag: 15. 12. 88

DE 3813157 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
27.05.87 CH 2061/87

⑦① Anmelder:
BBC Brown Boveri AG, Baden, Aargau, CH

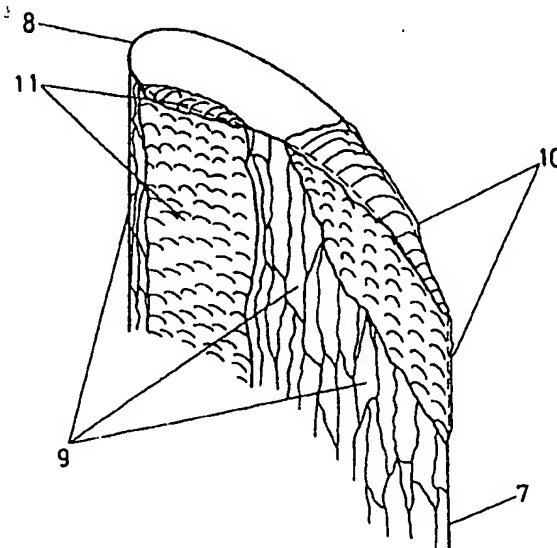
⑦④ Vertreter:
Kluge, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 7891
Küssaberg

⑦② Erfinder:
Abadzic, Sahan, Nussbaumen, CH; Ebeling,
Wilhelm, Dipl.-Ing., Ennetbaden, CH; Nazmy,
Mohamed Yousef, Dr., Fislisbach, CH

⑤④ Verfahren zum Verbinden und/oder Instandstellen von Bauteilen aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung im zonengeglühten Zustand grobkörniger, längsgerichteter Stengelkristalle

Bauteile aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung im Zustand grobkörniger, längsgerichteter Stengelkristalle werden durch Schmelzschweißen nach dem Argonarc-, Elektronenstrahl-, Laser-Strahl- oder Plasmapbrenner-Verfahren durch Auftragschweißen erneuert und/oder durch Verbindungsschweißen miteinander verbunden, indem sie zuvor einer Wärmebehandlung zur Erhöhung ihrer Duktilität unterworfen werden. Diese besteht in einem Lösungsglühen im Temperaturbereich zwischen 1180°C und 1280°C, gefolgt von einem langsamen Abkühlen mit einer Geschwindigkeit von 0,1°C/min bis 5°C/min bis auf eine Temperatur im Bereich zwischen 500°C und 700°C und anschließender Luftabkühlung bis auf Raumtemperatur. Besonders vorteilhaftes und wirtschaftliches Verfahren für in situ-Reparaturen an Gasturbinen-Leit- und Laufschaufeln.

FIG.3



DE 3813157 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden und/oder Instandstellen von Bauteilen (1; 7; 15) aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung im zonengeglühten Zustand grobkörniger, längsgerichteter Stengelkristalle, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauteile (1; 7; 15) vor dem Verbinden einer Wärmebehandlung zur Erhöhung ihrer Duktilität unterworfen werden, indem sie unter Argonatmosphäre während 1/2 h bis 5 h einer Lösungsglühung bei einer Temperatur zwischen 1160 und 1280°C unterzogen und anschließend mit einer Geschwindigkeit zwischen 0,1°C/min und 5°C/min bis auf eine Temperatur im Bereich zwischen 500 und 700°C herunter abgekühlt und daraufhin in Luft bis auf Raumtemperatur abgekühlt werden, und daß die Bauteile (1; 7; 15) anschließend unter Verwendung einer Nickelbasislegierung als Zusatzwerkstoff (4, 5, 6) nach dem Argonarc-Lichtbogen-schweißverfahren oder mit dem Elektronenstrahl oder dem Laser-Strahl oder dem Plasmabrenner geschweißt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusatzwerkstoff (4, 5, 6) die nachfolgende Zusammensetzung hat:

Cr	= 15–22 Gew.-%
Co	= 0–20 Gew.-%
Al	≤ 5 Gew.-%
Ti	≤ 3 Gew.-%
Mo	≤ 5 Gew.-%
Fe	≤ 3 Gew.-%
C	≤ 0,15 Gew.-%
Ni	= Rest

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Bauteil eine gebrauchte, abgenutzte oder beschädigte Laufschaufel oder Leitschaufel einer Gasturbine benutzt wird, deren abgebrochene Hinterkante (10) und/oder deren erodiertes Tragflügelprofil (11) am Kopfende (8) des Schaufelblattes (7) nach Durchführung der zur Erhöhung der Duktilität führenden Wärmebehandlung durch Auftragsschweißen von Zusatzwerkstoff nach dem Argonarc-Lichtbogenverfahren erneuert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Bauteile ein Schaufelblatt (7) und eine Deckplatte (15) einer Gasturbinenschaufel bestehend aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung benutzt werden, welche nach vorangegangener Wärmebehandlung zur Erhöhung der Duktilität unter Verwendung von Zusatzwerkstoff in Pulverform mittels eines Laser-Strahls (8) oder eines Elektronenstrahls miteinander verschweißt werden.

Beschreibung

Technisches Gebiet

Oxyddispersionsgehärtete Superlegierungen auf der Basis von Nickel, welche dank ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen beim Bau thermisch und mechanisch hochbeanspruchter Bauteile für thermische Maschinen Verwendung fin-

den. Bevorzugtes Gebiet: Schaufelwerkstoffe für Gasturbinen.

Die Erfindung bezieht sich auf die Weiterentwicklung und Erweiterung des Verwendungsbereichs schwerumformbarer, schwerlötbarer, im allgemeinen nicht schweißbarer, vergleichsweise spröder oxyddispersionsgehärteter Superlegierungen höchster Warmfestigkeit, welche primär als monolithisches Vormaterial mit gerichteter grobkörniger Stengelstruktur der Kristallite vorliegen. Besondere Beachtung finden kompliziert geformte Bauteile (Turbinschaufeln) und deren Verhalten im Betrieb (Abnutzung, Beschädigung).

Insbesondere betrifft sie ein Verfahren zum Verbinden und/oder Instandstellen von Bauteilen aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung im zonengeglühten Zustand grobkörniger, längsgerichteter Stengelkristalle.

Stand der Technik

Oxyddispersionsgehärtete Superlegierungen auf Nickelbasis haben verlockende mechanische Hochtemperatureigenschaften und erlauben es, die Arbeitsmitteltemperaturen thermischer Maschinen gegenüber nicht-dispensionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierungen um weitere 100 bis 150°C zu steigern. Dies ist im Sinne einer Erhöhung des Wirkungsgrades der Energieumsetzung höchst wünschenswert. Um jedoch diese Legierungen voll ausnutzen zu können, müssen die daraus gefertigten Werkstücke in grobkristallinem Zustand vorliegen. Für ein schaftartiges Bauteil mit ausgeprägter Längsachse bedeutet dies, daß der Werkstoff in Form von längsgerichteten Stengelkristallen vorliegen muß. Nur so lassen sich hohe Zeitstandfestigkeiten bei höchsten Einsatztemperaturen erzielen.

Oxyddispersionsgehärtete Superlegierungen werden durch mechanisches Legieren pulvermetallurgisch hergestellt. Das vorverdichtete Material wird in der Regel durch Strangpressen bis zum dichten, porenfreien Halbzeug verarbeitet und anschließend zur Erzeugung längsgerichteter Stengelkristalle einem Zonenglühprozeß unterworfen.

Die Fertigung von Werkstücken komplizierter Form (beispielsweise hohle, gekühlte Gasturbinenschaufeln) bedingt, daß diese aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt werden müssen. Dies erfordert wiederum brauchbare Verbindungstechnologien. Dabei bieten sich an: Hartlöten mit einem Hochtemperaturlot, Diffusionsfügen ohne Zusatzwerkstoff und Schmelzschweißen. Zahlreiche Nickelbasis-Superlegierungen lassen sich mit diesen Verfahren nur unter gewissen Voraussetzungen verbinden. Bei den oxyddispersionsgehärteten Legierungen waren bis jetzt nur das Hochtemperaturlöten und das Diffusionsfügen unter Einhaltung sehr enger Verfahrensparameter erfolgreich.

Von wesentlicher wirtschaftlicher Bedeutung ist heute — in Anbetracht der hohen Kosten für Totalersatz und Betriebsausfall wegen langen Stillstandzeiten — die Instandstellung (Reparatur, Erneuerung) von gebrauchten, beschädigten und durch Erosion abgenutzten Gasturbinenschaufeln aus Superlegierungen. Auf die Problematik der Schweißbarkeit bereits der nichtdispersionsgehärteten Superlegierungen wurde in verschiedenen Veröffentlichungen hingewiesen (vgl. W. Elsner, "Möglichkeiten der Schweißreparatur an Gasturbinenschaufeln", Der Maschinenschaden 53, 1980, Heft 5, Seiten 192–197). Auf die Möglichkeiten der Schweißbarkeit von oxyddispersionsgehärteten Superlegierungen

wurde nicht einmal hingewiesen. Diese befanden sich noch in Entwicklung und galten grundsätzlich als nicht schweißbar.

Verschiedene Verbindungstechnologien für oxyddispersionsgehärtete Superlegierungen sind eingehend untersucht worden. Dabei wurde allgemein auf die Problematik hingewiesen und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren einander gegenübergestellt. Grundsätzlich kommen in Frage: Hochtemperaturlöten, Diffusionslöten (Auftreten flüssiger Phasen, welche mit dem Grundwerkstoff reagieren, feste Phasen bilden, durch Diffusion Ausgleich bewirken), Diffusionsfügen (eine Art Preß-Schweißen im festen Zustand), klassisches Schmelzschweißen durch Lichtbogen, Elektronenstrahl, Laserstrahl, Plasmabrenner (vgl. B. Jahnke and A. R. Nicoll, "Joining and coating of oxide dispersion strengthened superalloys", Proceedings of second international conference on oxide dispersion strengthened superalloys by mechanical alloying, London, May 22–25, 1983, Edited by John S. Benjamin and Raymond C. Bann, Inco Alloys International, Seiten 190–222). Über das Schmelzschweißen wurde praktisch nichts bekannt. Wegen der großen Sprödigkeit und geringen Scherfestigkeit der oxyddispersionsgehärteten Superlegierungen insbesondere im Zustand grober längsgerichteter Stengelkristalle erwiesen sich die Werkstücke derart rißanfällig, daß von einer für die Praxis brauchbaren Schmelz-Schweißbarkeit nicht die Rede war.

Es besteht daher ein Bedürfnis, nach Mitteln und Wegen zu suchen, die bestehenden Verfahren zum Verbinden von Bauteilen und zur Erneuerung von gebrauchten Bauteilen aus oxyddispersionsgehärteten Superlegierungen zu erweitern und zu ergänzen und der Möglichkeit der Schweißbarkeit vermehrt Beachtung zu schenken.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Verbinden und/oder Instandstellen von Bauteilen aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung im zonengeglühten Zustand grobkörniger, längsgerichteter Stengelkristalle anzugeben, welches bei größtmöglicher Einfachheit und Wirtschaftlichkeit möglichst in einem einzigen Arbeitsgang rißfreie Werkstücke liefert, die nicht einer kostspieligen und aufwendigen Nachbehandlung bedürfen. Das Verfahren soll sich insbesondere für die Herstellung und Reparatur von Gasturbinenschaufeln eignen.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

Dabei zeigt

Fig. 1 ein schematisches metallographisches Schliffbild (Querschnitt und Längsschnitt) durch eine Probe mit Auftragsschweißung,

Fig. 2 eine schematische perspektivische Darstellung einer Probe mit Verbindungsschweißung (V-Naht),

Fig. 3 eine schematische perspektivische Darstellung (teilweise Ätzbild) des Kopfendes/Schaftes des Schaufelblattes einer erneuerten Gasturbinenschaufel,

Fig. 4 einen schematischen Längsschnitt/Aufriß durch das Kopfende des Schaufelblattes und die Deckplatte einer Gasturbinenschaufel.

In Fig. 1 ist ein schematisches metallographisches Schliffbild durch eine Probe mit Auftragsschweißung im

Querschnitt und im Längsschnitt dargestellt. 1 ist ein Plättchen aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung mit längsgerichteten groben Stengelkristallen. 2 ist ein Stengelkristall in der Längsrichtung und 3 ein ebensolcher in der Querrichtung geschnitten. 4 stellt den Zusatzwerkstoff in Form einer Schweißraupe im Querschnitt, 5 den Zusatzwerkstoff ebenso im Längsschnitt für eine Auftragsschweißung von ca. 6–7 mm Breite und 3 mm Dicke dar.

Fig. 2 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung einer Probe mit einer als V-Naht ausgeführten Verbindungsschweißung. Dabei sind die Stirnseiten angeätzt worden, um die Kristallstruktur zum Ausdruck zu bringen. 6 ist der Zusatzwerkstoff als Schweißnaht in V-Form. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen denjenigen in Fig. 1.

In Fig. 3 ist eine schematische perspektivische Darstellung, teilweise als Ätzbild, des Kopfendes und des Schaftes des Schaufelblattes einer erneuerten Gasturbinenschaufel wiedergegeben. 7 ist das Schaufelblatt einer gebrauchten Gasturbinenschaufel aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung mit längsgerichteten groben Stengelkristallen. Die Kristallstruktur ist durch eine Ätzung der Mantelfläche sichtbar gemacht. 8 ist das Kopfende des Schaufelblattes 7, welches die abgenutzten Stellen an der Hinterkante und am Tragflügelprofil (ursprüngliche Form zum Teil gestrichelt dargestellt) zeigt. 9 ist ein Stengelkristall der Mantelfläche des Schaufelblattes 7. 10 stellt die abgebrochene, durch Auftragsschweißung reparierte Hinterkante des Kopfendes 8 des Schaufelblattes 7 dar. 11 ist das erodierte, durch Auftragsschweißung erneuerte Tragflügelprofil auf der konkaven Seite des dickeren Teils des Schaufelblattes 7.

Fig. 4 zeigt einen schematischen Längsschnitt (Axialschnitt)/Aufriß durch das Kopfende des Schaufelblattes und die Deckplatte einer Gasturbinenschaufel. 7 ist das Schaufelblatt in Ansicht (nicht geschnitten, ungeätzt), 8 dessen Kopfende (teilweise in Ansicht, teilweise im Schnitt, der einem Axialschnitt durch die Turbine entspricht). 12 ist ein Stengelkristall des Schaufelblattes 7, welcher in der Längsrichtung geschnitten ist (Axialschnitt durch Turbine). 13 stellt den sich in Schaufelachse verjüngenden Zapfen am Kopfende 8 des Schaufelblattes 7 dar. Die Begrenzung dieses Zapfens ist eine Regelfläche längs des Schaufelprofils an seinem Kopfende 8. 14 ist die Mantellinie dieser Regelfläche am Kopfende 8 des Schaufelblattes 7, welche das Profil mit dem wahren Anstrahlungswinkel α bezüglich Schaufel-längsachse zeigt. Dieser Winkel wird vorzugsweise mit Werten zwischen 5 und 15° ausgeführt. 15 ist eine Deckplatte aus oxyddispersionsgehärteter Nickelbasis-Superlegierung mit längsgerichteten groben Stengelkristallen 16 (im Axialschnitt der Turbine dargestellt). 17 ist der Zusatzwerkstoff in Form eines aufgeschmolzenen Pulvers in der V-förmigen Nut. 18 stellt einen Laserstrahl dar, was durch eine Wellenlinie und das Symbol $h\nu$ ausgedrückt ist.

Ausführungsbeispiel 1

Siehe Fig. 1!

Auf ein Plättchen 1 einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung wurden Schweißraupen aus einer Nickelbasislegierung als Zusatzwerkstoff (4, 5) aufgebracht. Der zu schweißende Werkstoff hatte den Handelsnamen MA 6000 von INCO und hatte folgende

Zusammensetzung:

Cr	= 15,0 Gew.-%
W	= 4,0 Gew.-%
Mo	= 2,0 Gew.-%
Al	= 4,5 Gew.-%
Ti	= 2,5 Gew.-%
Ta	= 2,0 Gew.-%
C	= 0,05 Gew.-%
B	= 0,01 Gew.-%
Zr	= 0,15 Gew.-%
Y ₂ O ₃	= 1,1 Gew.-%
Ni	= Rest

Dieser Werkstoff lag im zonengeglühten rekristallisierten Zustand mit längsgerichteten Stengelkristallen (2, 3) von ca. 20 mm Länge, 5 mm Breite und 2,5 mm Dicke vor. Er wurde aus entsprechendem Stangenmaterial (Halbzeug) herausgeschnitten. Das Plättchen 1 hatte folgende Abmessungen:

Länge	= 100 mm
Breite	= 50 mm
Dicke	= 10 mm

Das Plättchen 1 wurde nun einer Wärmebehandlung zur Erhöhung der Duktilität wie folgt unterworfen:

- Erwärmen unter Argon auf 1220°C
- Lösungsglühen bei 1220°C während 2 h
- Abkühlen bis auf 650°C mit einer Geschwindigkeit von 0,5°C/min
- Abkühlen bis auf Raumtemperatur an Luft.

Der zum Auftragsschweißen benutzte Zusatzwerkstoff war eine Nickelbasislegierung mit dem Handelsnamen Nimonic 90 von folgender Zusammensetzung:

Cr	= 19,5 Gew.-%
Co	= 16,5 Gew.-%
Al	= 1,45 Gew.-%
Ti	= 2,45 Gew.-%
Mn	= 0,30 Gew.-%
Si	= 0,30 Gew.-%
C	= 0,07 Gew.-%
B	= 0,003 Gew.-%
Zr	= 0,06 Gew.-%
Ni	= Rest

Geschweißt wurde nach dem Argonarc-Verfahren (Lichtbogen zwischen Werkstück und sich nicht verbrauchender Wolframelektrode unter Argon als Schutzgas) mit Zusatzwerkstoff in Form eines Drahtes von 1,6 mm Durchmesser. Die Stromstärke betrug ca. 80 A. Das Schutzgas Argon wurde in einer Menge von 2 l/min zugeführt. Es wurden Schweißraupen von 6 bis 7 mm Breite und 3 mm Dicke sowohl in der Längsrichtung wie in der Querrichtung der Stengelkristalle gelegt.

Nach der Abkühlung wurde die Probe untersucht. Es konnten keine Makrorisse festgestellt werden. Nun wurde die Probe zerlegt, indem Stücke sowohl parallel wie quer zur Längsrichtung herausgeschnitten und metallographisch untersucht wurden. Es konnten im Schliiffbild weder Haarrisse noch Poren oder Seigerungen festgestellt werden. Die Grobkornstruktur des Grundwerkstoffs blieb bis an die Grenze der Schmelzzone unverändert erhalten. Der Zusatzwerkstoff erstarrte in Form von Dendriten. Das Übergangsgefüge

zeigte verhältnismäßig grobkörnige Struktur.

Ausführungsbeispiel 2

Siehe Fig. 2!

5

Zwei Plättchen 1 aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung wurden über eine V-Naht stirnseitig durch Plasmabrenner-Schmelzschweißen mittels eines Zusatzwerkstoffes 6 miteinander verbunden. Der zu schweißende Werkstoff hatte die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr	= 20,0 Gew.-%
Al	= 6,0 Gew.-%
Mo	= 2,0 Gew.-%
W	= 3,5 Gew.-%
Zr	= 0,19 Gew.-%
B	= 0,01 Gew.-%
C	= 0,01 Gew.-%
Y ₂ O ₃	= 1,1 Gew.-%
Ni	= Rest

Dieser Werkstoff lag im zonengeglühten rekristallisierten Zustand mit längsgerichteten Stengelkristallen (2, 3) von durchschnittlich 16 mm Länge, 6 mm Breite, und 3 mm Dicke vor. Er wurde aus entsprechendem Stangenmaterial (Halbzeug) herausgeschnitten. Die Plättchen 1 hatten je folgende Abmessungen:

Länge	= 70 mm
Breite	= 40 mm
Dicke	= 8 mm

Die beiden Plättchen 1 wurden zunächst einer Wärmebehandlung zur Erhöhung der Duktilität unterworfen:

- Erwärmen unter Argon auf 1180°C
- Lösungsglühen bei 1180°C während 2 1/2 h
- Abkühlen bis auf 600°C mit einer Geschwindigkeit von 1°C/min
- Abkühlen bis auf Raumtemperatur im Ofen.

Der zum Auftragschweißen benutzte Zusatzwerkstoff war eine Nickellegierung mit dem Namen Nimonic 75 von folgender Zusammensetzung:

Cr	= 19,5 Gew.-%
Ti	= 0,4 Gew.-%
Fe	= 3,0 Gew.-%
Mn	= 0,3 Gew.-%
Si	= 0,3 Gew.-%
C	= 0,10 Gew.-%
Ni	= Rest

Die Plättchen 1 wurden an je einer schmalen Stirnseite um 30° abgeschrägt und derart gegeneinander gelegt, daß eine V-förmige Rinne mit einem totalen Öffnungswinkel von 60° gebildet wurde. Nun wurden die beiden Plättchen 1 mit dem Plasmabrenner unter Argonatmosphäre mit Zusatzwerkstoff in Form eines Drahtes von 2 mm Durchmesser lagenweise verschweißt. Die Schweißungen lagen dabei quer zur Längsrichtung der Stengelkristalle der Plättchen 1. Nach der Abkühlung wurden dem Werkstück Proben zur metallographischen Untersuchung in allen drei Hauptebenen der Schweißnaht entnommen. Es konnten keinerlei Haarrisse festgestellt

werden.

Ausführungsbeispiel 3

Siehe Fig. 3!

Am Schaufelblatt 7 einer beschädigten und erodierten Gasturbinenschaufel wurden Reparaturen und Erneuerungen durch Auftragsschweißen vorgenommen. Der Werkstoff des Schaufelblattes 7, an dem die Auftragsschweißungen vorgenommen wurden, bestand aus einer oxyddispersionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierung und hatte die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr	= 17,0 Gew.-%
Al	= 6,0 Gew.-%
Mo	= 2,0 Gew.-%
W	= 3,5 Gew.-%
Ta	= 2,0 Gew.-%
Zr	= 0,15 Gew.-%
B	= 0,01 Gew.-%
C	= 0,05 Gew.-%
Y ₂ O ₃	= 1,1 Gew.-%
Ni	= Rest

Die Schaufel wurde zunächst einer Wärmebehandlung zur Erhöhung der Duktilität gemäß Beispiel 1 unterworfen.

Das Schaufelblatt 7 hatte die folgenden Abmessungen:

Totale Länge (ohne Fuß)	= 180 mm
Größte Breite	= 85 mm
Größte Dicke	= 23 mm
Profilhöhe	= 28 mm

Der zum Auftragsschweißen benutzte Zusatzwerkstoff war eine Nickellegierung mit dem Namen Nimonic 80A mit der nachfolgenden Zusammensetzung:

Cr	= 19,5 Gew.-%
Al	= 1,4 Gew.-%
Ti	= 2,4 Gew.-%
Mn	= 0,30 Gew.-%
Si	= 0,30 Gew.-%
C	= 0,06 Gew.-%
B	= 0,003 Gew.-%
Zr	= 0,06 Gew.-%
Ni	= Rest

Die beschädigten, zu erneuernden Stellen (10, 11) am Kopfende 8 und am Schaft des Schaufelblattes 7 wurden zunächst zwecks Säuberung und Verringerung der Größe und Oberflächenrauigkeit durch Schleifen mechanisch bearbeitet und anschließend gereinigt. Die Auftragsschweißung erfolgte raupenweise in mehreren Lagen nach dem Argonac-Verfahren mit Zusatzwerkstoff in Form eines Drahtes von 1,6 mm Durchmesser unter einer Stromstärke von 90 A. Das Schutzgas Argon wurde in einer Menge von 2,5 l/min zugeführt. Die Schweißraupen verliefen am Kopfende 8 bevorzugt quer und am Schaft des Schaufelblattes 7 parallel zur Längsachse der Schaufel.

Nach der Abkühlung wurde das Schaufelblatt 7 durch Schleifen auf das Maß des ursprünglichen Tragflügelprofils bearbeitet. Dann wurde die Schaufel einer Temperaturwechselbelastung zwischen 200 und 900°C ausgesetzt. Nach 200 Temperaturzyklen wurde das Schau-

felblatt 7 poliert und visuell untersucht. Es konnten keine Makrorisse festgestellt werden. Aus den mit Schweißgut überdeckten Stellen wurden mehrere Probekörper in allen drei Hauptebenen des Schaufelblattes 7 herausgearbeitet und metallographische Schliffe hergestellt. Es konnten keinerlei Haarrisse festgestellt werden.

Ausführungsbeispiel 4

Siehe Fig. 4!

An der Stirnseite des Kopfendes 8 des Schaufelblattes 7 einer Gasturbinenschaufel wurde eine Deckplatte 15 angeschweißt. Der Werkstoff für beide Bauteile war eine oxyddispersionsgehärtete Nickelbasis-Superlegierung mit dem Handelsnamen MA 6000, deren Zusammensetzung in Beispiel 1 angegeben wurde.

Das Schaufelblatt 7 und die Deckplatte 15 wurden nun zunächst einer Wärmebehandlung zur Erhöhung der Duktilität wie folgt unterworfen:

- Erwärmung unter Argon auf 1200°C
- Lösungsglühen bei 1200°C während 2 h
- Abkühlen bis auf 700°C mit einer Geschwindigkeit von 2°C/min
- Abkühlen bis auf Raumtemperatur im Ofen.

Das Schaufelblatt 7 hatte die nachfolgenden Abmessungen:

Totale Länge	= 165 mm
Größte Breite	= 75 mm
Größte Dicke	= 21 mm
Profilhöhe	= 25 mm

Die Maße der Deckplatte 15 betrugen:

Länge (axial bezüglich Turbine)	= 72 mm
Breite (tangential bezüglich Turbine)	= 66 mm
Höhe (radial bezüglich Turbine)	= 10 mm

Das Kopfende 8 des Schaufelblattes 7 wurde mit einem kegelförmigen Fräser von 20° totalem Öffnungswinkel derart bearbeitet, daß eine Regelfläche mit einem konstanten Winkel zur Schaufellängsachse herausgeschnitten wurde. Die Deckplatte 15 wurde durch Bohren und Fräsen mit einer Öffnung versehen, mit einer Mantelfläche, deren Mantellinien parallel zur Schaufellängsachse waren und die dem Tragflügelprofil des Kopfendes 8 des Schaufelblattes 7 entsprach. Diese Öffnung paßte gerade stramm auf das Kopfende 8. Nun wurden die beiden Bauteile 7 und 15 axial zusammengesteckt und in einer Vorrichtung festgehalten. Die dadurch gebildete schlanke V-förmige Nut wurde nun mit Pulver des Zusatzwerkstoffs aufgefüllt.

Der zum Schweißen benutzte Zusatzwerkstoff war eine Nickellegierung mit dem Handelsnamen Nimonic 105 und hatte die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr	= 15,0 Gew.-%
Co	= 20,0 Gew.-%
Al	= 4,7 Gew.-%
Ti	= 1,2 Gew.-%
Mo	= 5,0 Gew.-%
Mn	= 0,30 Gew.-%
Si	= 0,30 Gew.-%

C = 0,13 Gew.-%
 B = 0,005 Gew.-%
 Zr = 0,10 Gew.-%
 Ni = Rest

Das Schweißen erfolgte mit dem Laserstrahl 18
 (durch Wellenlinie $h\nu$ in Fig. 4 angedeutet). Nach dem
 Abkühlen wurde die Schaufel einem 5-min-Zyklus zwi-
 schen ca. 200°C und ca. 950°C unterworfen. Die Ther-
 moschockempfindlichkeit wurde während 300 Zyklen 10
 geprüft. Es konnten weder im Schaufelblatt 7 noch in
 der Deckplatte 15 noch in der Schweißnaht Haarrisse
 festgestellt werden. Ein Abreißversuch an der Deckplat-
 te 15 ergab eine Bruchlast von 80 000 N.

Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele 15
 beschränkt. Grundsätzlich lassen sich alle oxyddisper-
 sionsgehärteten Nickelbasis-Superlegierungen im zö-
 nengeglühten grobkörnigen Zustand nach dem vorge-
 schlagenen Verfahren (Behandlung zur Erhöhung der
 Duktilität) nach dem Lichtbogenschweißprozeß unter 20
 Schutzgas, mit dem Elektronenstrahl oder dem Laser-
 Strahl oder dem Plasmabrenner schweißen. Das bezieht
 sich sowohl auf eine Auftragsschweißung wie auf eine
 Verbindungsschweißung. Die erwähnte Behandlung be-
 steht in einer Lösungsglühung während 1 1/2 bis 5 h bei 25
 einer Temperatur im Bereich von 1160 bis 1280°C unter
 Argonatmosphäre und anschließendem Abkühlen mit
 einer Geschwindigkeit von 0,1°C/min bis 5°C/min bis
 auf eine Temperatur von 500 bis 700°C herunter und
 weiter in Luft bis Raumtemperatur. Als Zusatzwerkstof- 30
 fe kommen Nickelbasislegierungen in Frage, welche in
 ihrer Zusammensetzung — abgesehen von der Abwe-
 senheit von oxydischen Dispersoiden — dem zu schwei-
 ßenden Grundwerkstoff ähnlich sind. Vorzugsweise sol- 35
 len die Legierungen des Zusatzwerkstoffes die nachfol-
 genden Zusammensetzungen aufweisen:

Cr = 15–22 Gew.-%
 Co = 0–20 Gew.-%
 Al ≤ 5 Gew.-%
 Ti ≤ 3 Gew.-%
 Mo ≤ 5 Gew.-%
 Fe ≤ 3 Gew.-%
 C ≤ 0,15 Gew.-%

Statt mit dem Laser-Strahl lassen sich Bauteile (z. B.
 gemäß Fig. 4) in vorteilhafter Weise auch mit dem Elek-
 tronenstrahl verschweißen. Die optimale Größe des
 Schrägungswinkels hängt dabei vom gewählten Verfah-
 ren, der Partikelgröße des Zusatzwerkstoffes und den 50
 Dimensionen der zu verbindenden Werkstücke sowie
 der zur Verfügung stehenden Schweißleistung ab und
 kann durch Versuche leicht bestimmt werden. In der
 Regel bewegt er sich zwischen 5 und 15°.

Das Verfahren läßt sich in besonders vorteilhafter 55
 Weise bei der Instandstellung von durch Abnutzung,
 Erosion oder Beschädigung nach gewisser Zeit stillge-
 setzten Gasturbinen verwenden. Dies gilt insbesondere
 sowohl für Leitschaufeln wie für Laufschaufeln, indem
 die Reparaturen an beschädigten Teilen ohne vollstän- 60
 dige Demontage von Gehäusen und Rotoren in situ
 durchgeführt werden können.

Nummer:

Int. Cl. 4:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

38 13 157

C 22 F 1/10

20. April 1988

15. Dezember 1988

18

3813157

1/2

FIG.1

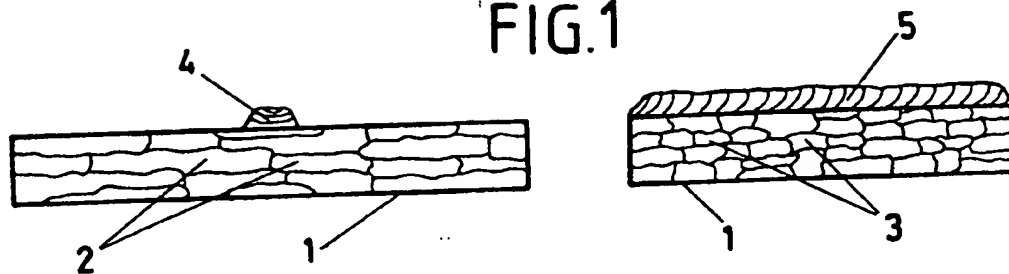


FIG.2

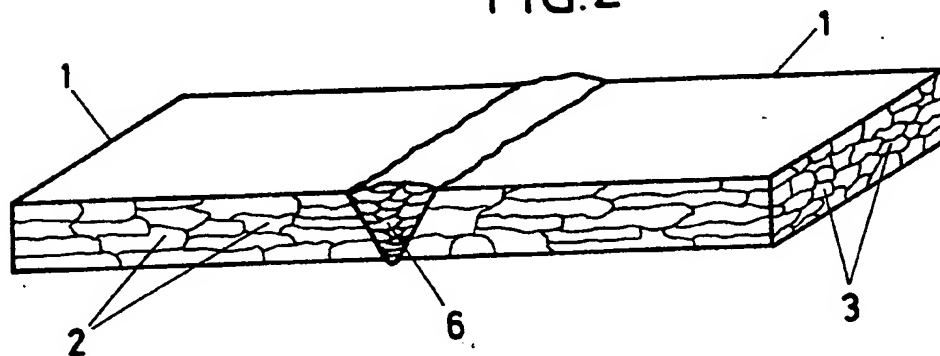
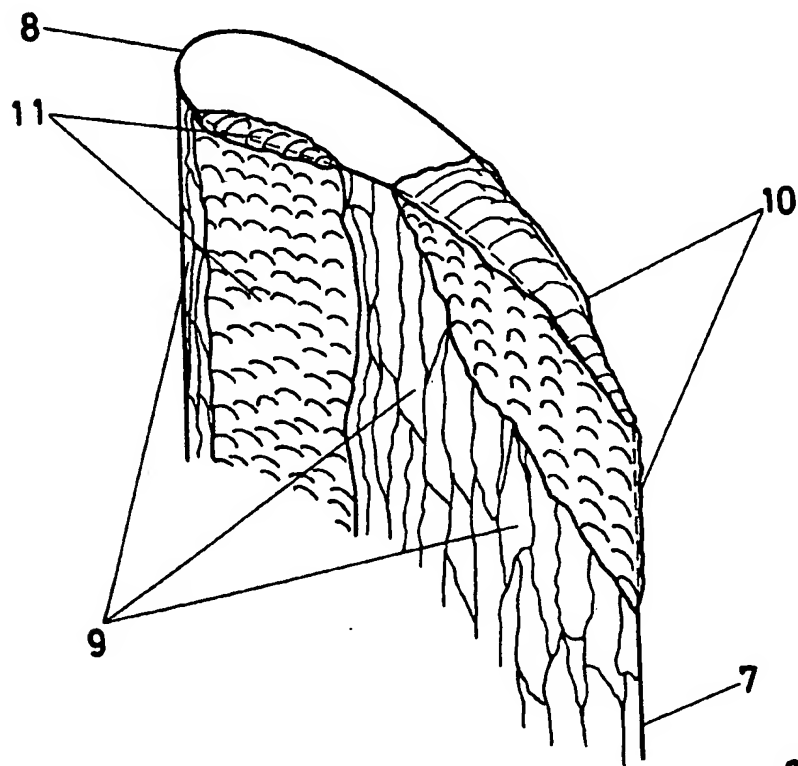


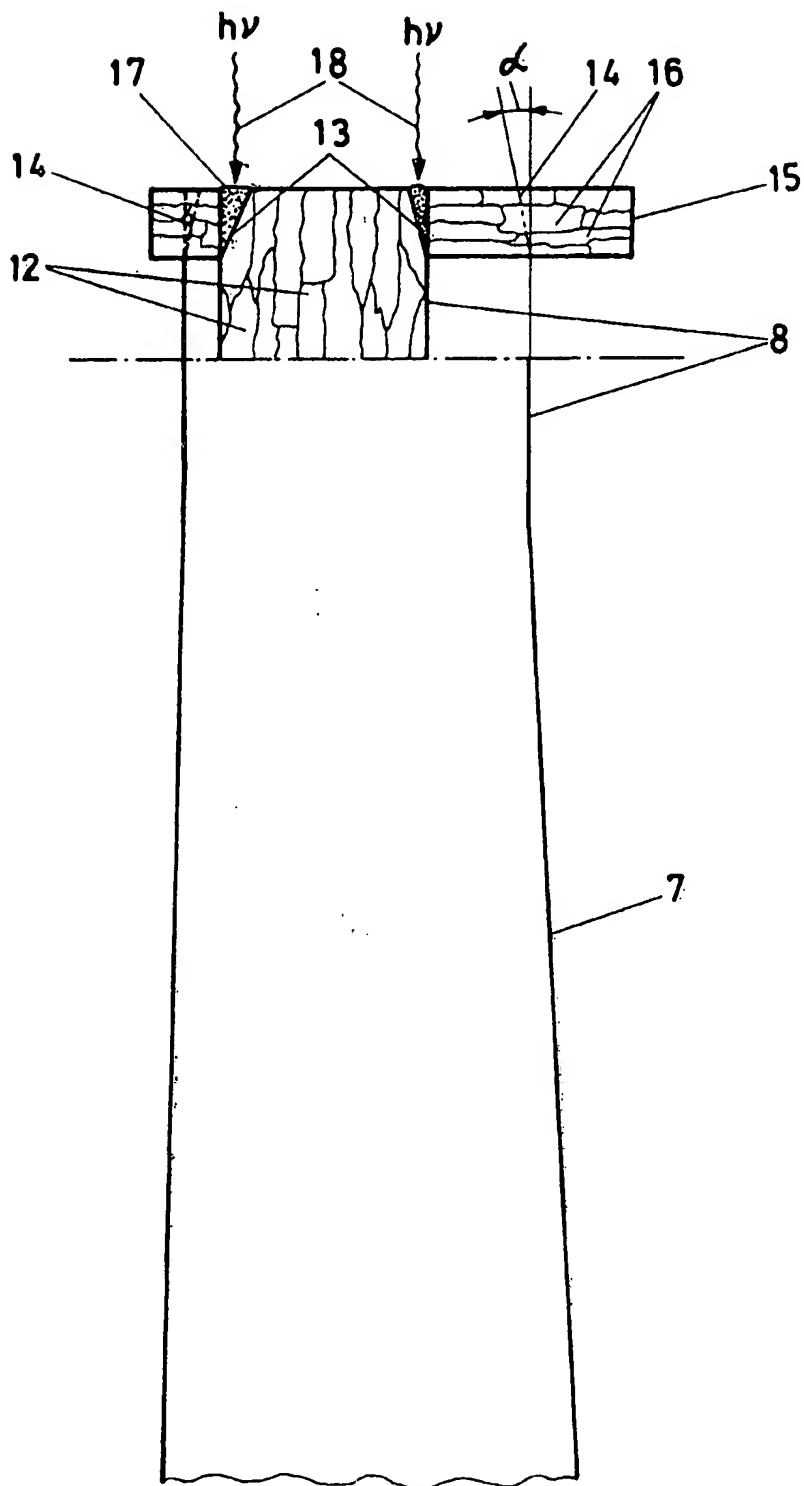
FIG.3



808 850/481

87/0

FIG. 4



Method for bonding and/or repairing component parts made of an oxide dispersion-hardened nickel-based superalloy in the zone-annealed state of coarse-grained, longitudinally oriented column crystals

Publication number: DE3813157

Publication date: 1988-12-15

Inventor: ABADZIC SAHAN (CH); EBELING WILHELM DIPL ING (CH); NAZMY MOHAMED YOUSEF DR (CH)

Applicant: BBC BROWN BOVERI & CIE (CH)

Classification:

- International: **B23K26/14; C22F1/10; B23K26/14; C22F1/10; (IPC1-7): C22F1/10**

- european: B23K26/14B; C22F1/10

Application number: DE19883813157 19880420

Priority number(s): CH19870002061 19870527

Report a data error here

Abstract of DE3813157

Component parts made of an oxide dispersion-hardened nickel-based superalloy in the state of coarse-grained, longitudinally oriented column crystals are renovated by fusion welding according to the argonarc, electron-beam, laser-beam or plasma-burner method by build-up welding (deposition welding, overlay welding) and/or joined together by junction welding, by first being subjected to a heat treatment in order to increase their ductility. Said heat treatment comprises solutionisation in the temperature range between 1160°C and 1280°C, followed by slow cooling at a rate of from 0.1°C/min to 5°C/min, to a temperature in the range between 500°C and 700°C, followed by cooling in air down to room temperature. Particularly advantageous economical method for in situ repairs on guide vanes (diffuser blades) and rotor blades of gas turbines.

